

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения  
Направление подготовки 220301 Автоматизация технологических процессов и производств  
(в нефтегазовой отрасли)  
Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
Модернизация системы автоматизированного управления камер пропаривания железобетонных и здений на заводе "ЗКПД ТДСК"

УДК 658.512.4.011.56:666.71.047.001.6

Студент

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8202	Вальтер Денис Владимирович		

Руководитель

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Инженер КИПиА	Андреев Сергей Влади мирович			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор каф. ЭБЖ	Извеков Владимир Ник олаевич	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

<b>Зав. кафедрой</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Лиепиньш Андрей Вилнисович	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**

## ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) 220301 Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ИКСУ

\_\_\_\_\_Лиепиньш А.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8202	Вальтер Денис Владимирович

Тема работы:

Модернизация системы автоматизированного управления камер пропаривания железобетонных изделий на заводе "ЗКПД ТДСК"

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность и ли нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования: пропарочная камера на предприятии ООО ЗКПД ТДСК в городе Томск. Режим работы – круглосуточный, круглогодичный. Повышенные требования к точности измерений и к контролю качества выпускаемой продукции.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных р	1. Описание технологического процесса 2. Разработка структурной схемы. 3. Функциональная схема автоматизации.

азделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертжей)	Структурная схема. Принципиальная технологическая схема. Функциональная схема автоматизации. Схемы соединений внешних проводок.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8202	Вальтер Денис Владимирович		

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 78 стр., 11 рис., 6 табл., 15 источников литературы.

Ключевые слова: автоматизированная система, функциональная схема автоматизации, структурная схема, принципиальная схема, схема соединений внешних проводок, проектирование, технологический процесс, регулирование, управление, надежность.

Объектом исследования является пропарочная камера на бетонном заводе.

Цель работы – Модернизация системы автоматизированного управления камер пропаривания железобетонных изделий на заводе ЗКПД ТДСК.

Работа представляет собой проект по реконструкции, модернизации системы управления пропаривания ЖБИ изделий и выполняется согласно с нормами и правилами установленными управленческим персоналом:

- техническим требованиям на автоматизацию;
- проектной документации на существующие решения по автоматизации;
- нормативно-правовой базе для выполнения проектов автоматизации технологических процессов в Российской Федерации.

При выполнении работы использовались программные продукты, такие как:

- Microsoft Office 2013;
- Autodesk AutoCAD 2015;
- Mathcad.

Данная дипломная работа выполнена в программе Microsoft Word 2013 и представлена на CD (в конверте на обороте обложки).

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	4
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	7
ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ .....	11
1.1 Назначение системы .....	11
1.2 Цели создания системы .....	11
1.3 Требования к Системе .....	12
1.3.1 Требования к числу уровней иерархии и степени централизации Системы.....	12
1.3.2 Т р е б о в а н и я к р е ж и м а м ф у н к ц и о н и р о в а н и я С и с т е м ы .....	13
1.4 Требования к функциям (задачам), выполняемым Системой .....	13
1.5 Требования к видам обеспечения.....	14
1.5.1 Требования к техническому обеспечению.....	14
1.5.2 Требования к программному обеспечению.....	16
1.5.3 Требования к метрологическому обеспечению.....	17
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕ СКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА.....	18
2.1 Производство железобетонных изделий.....	18
2.2 Формование железобетонных изделий .....	27
2.3 Твердение железобетонных изделий .....	35
2.4 Отделка поверхности железобетонных изделий.....	43
2.5 Приемка и испытание железобетонных изделий .....	45
3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ .....	477

4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	50
5 КОМПЛЕКС АППАРАТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ .....	51
5.1 Выбор устройств измерения .....	51
5.1.1 Напоромеры, Тягонапором.....	51
5.1.2 Датчики температуры.....	57
5.1.3 Датчик влажности.....	62
5.1.4 Выбор датчика наличия пламени.....	66
5.2 Выбор контроллерного оборудования.....	69
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	75
Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.1 Профессиональная социальная безопасность	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.1.2 Анализ вредных факторов.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.1.3 Анализ опасных факторов	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.2 Экологическая безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.3.1 П о ж а р н а я б е з о п а с н о с т ь.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.4.1 Эргономические требования к рабочему месту.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.4.2 Окраска и коэффициенты отражения.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## 6.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений

.....**Ошибка! Закладка не определена.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....**Ошибка! Закладка не определена.**

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**Ошибка! Закладка не определена.**

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

<b>Аббревиатура</b>	<b>Расшифровка</b>
АСИ	Автоматизированная система измерения
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ТП	Технологический процесс
ПП	Переходный процесс
РО	Регулирующий орган
ОУ (ОР)	Объект управления (объект регулирования)
ИМ	Исполнительный механизм
СУ	Согласующее устройство
САР	Система автоматического регулирования
ЭВМ	Электронно-вычислительная машина
АРМ	Автоматизированное рабочее место
РСУ	Распределенная система управления
КАТС	Комплекс аппаратно-технических средств
АСУ	Автоматизированная система управления
ТЗ	Техническое задание
ИС	Информационная сеть
КС	Компьютерная сеть



## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологического процесса – это совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление производственным процессом без непосредственного участия человека.

Автоматизация технологического процесса — совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

Как правило, в результате автоматизации технологического процесса создаётся АСУ ТП.

Основа автоматизации технологических процессов — это перераспределение материальных, энергетических и информационных потоков в соответствии с принятым критерием управления (оптимальности).

- Частичная автоматизация — автоматизация отдельных аппаратов, машин, технологических операций. Производится когда управление процессами вследствие их сложности или скоротечности практически недоступно человеку. Частично автоматизируется как правило действующие оборудование. Локальная автоматизация широко применяется на предприятиях пищевой промышленности.

- Комплексная автоматизация — предусматривает автоматизацию технологического участка, цеха или предприятия функционирующих как единый, автоматизированный комплекс. Например, электростанции.

Полная автоматизация — высшая ступень автоматизации, при которой все функции контроля и управления производством (на уровне предприятия) передаются техническим средствам. На современном уровне развития полная автоматизация практически не применяется, так как функции контроля остаются за ч

еловеком. Близкими к полной автоматизации можно назвать предприятия атомной энергетики.

### *Цели автоматизации*

Основными целями автоматизации технологического процесса являются:

- сокращение численности обслуживающего персонала;
- увеличение объемов выпускаемой продукции;
- повышение эффективности производственного процесса;
- повышение качества продукции;
- снижение расходов сырья;
- повышение ритмичности производства;
- повышение безопасности;
- повышение экологичности;
- повышение экономичности.

### *Задачи автоматизации и их решение*

- улучшение качества регулирования;
- повышение коэффициента готовности оборудования;
- улучшение эргономики труда операторов процесса;
- обеспечение достоверности информации о материальных компонентах, применяемых в производстве (в т. ч. с помощью управления каталогом);
- хранение информации о ходе технологического процесса и аварийных ситуациях.

*Решение задач автоматизации технологического процесса осуществляется при помощи:*

- внедрения современных методов автоматизации;
- внедрения современных средств автоматизации.

Целью данной работы является разработка проекта по модернизации пропарочной камеры для изготовления ЖБИ изделий на ООО ЗКПД ТДСК в городе Томске. Актуальность данной темы не может подвергаться сомнению, так как использовавшаяся ранее автоматизированная система управления пропаривания изделий не обеспечивала требуемую точность показаний результатов измерений, а также не соответствовала требованиям, выдвинутым к ее надежности.

Таким образом, модернизация существующей системы посредством внедрения нового оборудования позволит повысить точность измерений и надежность всей распределенной системы управления завода в целом, что повлечет за собой положительный экономический эффект.

В настоящее время система внедрена на заводе и успешно используется в технологическом процессе.

# **1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

## **1.1 Назначение системы**

Основной целью АСУ изготовления железобетонных изделий является повышение достоверности измерений технологических параметров при пропаривании изделий.

Система предназначена для:

- пропаривания ЖБИ изделий пропорциональным методом;
- автоматического поддержания температуры теплоносителя и температуры внутри камеры;
- регистрации температуры, влажности, давления воздуха, состояния работы вентиляторов, задвижек;
- формирования и хранения баз данных о контролируемых технологических параметрах пропаривания с целью их дальнейшего использования через компьютерную сеть предприятия;
- выполнения автоматического выбора предела измерения
- сбора и обработки измерительной информации, передачи данных на дисплей АРМ оператора Системы с возможностью передачи данных в АСУ ТП предприятия, информационную сеть предприятия.

## **1.2 Цели создания системы**

Целью создания системы является формирование высокого качественного уровня для решения следующих основных технологических, организационных и экономических задач:

- получение достоверной информации с технологических объектов;
- оптимизация режимов работы технологических объектов;
- повышение точности и оперативности измерения параметров технологических процессов;
- внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами;

- повышение безопасности производства, улучшение экологической обстановки в районе производства.

- минимизация технологических издержек (экономия электроэнергии, продление ресурса электродвигателей).

### **1.3 Требования к Системе**

#### **1.3.1 Требования к числу уровней иерархии и степени централизации Системы**

Система должна иметь трехуровневую структуру:

- нижний уровень – уровень размещения контрольно-измерительных приборов (КИП) и исполнительных механизмов – включает в себя:

- 1) датчики температуры;
- 2) датчики влажности;
- 3) датчики давления
- 4) датчики наличия пламени
- 5) кабельное и дополнительное оборудование;

- средний уровень – уровень сбора информации с нижнего уровня, выдачи воздействий на устройства приема/передачи данных на верхний уровень – включает в себя интерфейсные линии связи, а также выдача воздействий исполнительными механизмами.

- верхний уровень – уровень, включающий автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Состав АРМ оператора:

- 1) персональный компьютер:
  - a. монитор (не менее 19");
  - b. системный блок (для оператора-весовщика весоизмерительный прибор, для оператора СчНВ – видеосервер);
  - c. клавиатура;
  - d. манипулятор типа "мышь";

е. плата интерфейсов 2 COM-порта;  
2) источник бесперебойного питания (ИБП), мощностью не менее 450 Вт;

- 3) принтер, в комплекте с кабелем USB;  
4) лицензионное ПО и лицензионное антивирусное ПО (McAfee).

Схема структурная комплекса аппаратно-технических средств представлена в приложении А.

### **1.3.2 Требования к режимам функционирования Системы**

Система должна обеспечивать непрерывную работу объекта автоматизации в круглосуточном, круглогодичном режиме ,за исключением на остановку для планового ремонта Число рабочих дней в году – 365-366 дней.

## **1.4 Требования к функциям (задачам), выполняемым Системой**

Основные функции Системы:

- подготовка формы для изготовления изделия;
- доступ оператора к щиту автоматизации согласно паролю;
- автоматическое регулирование температуры воздуха;
- автоматическое (ручное) регулирование подачи холодного и горячего воздуха;
- отображение и регистрация в базе данных следующей информации:
  - 1) состояние заслонок регулирования расхода холодного и горячего воздуха;
  - 2) состояние работы вентиляторов;
  - 3) температура подаваемого воздуха;
  - 4) влажность воздуха в камер;
  - 5) давление воздуха;
  - 6) давление газа;
  - 7) соответствие с параметрами приведенными в режимной карте;

8) передача в режиме реального времени информации измеряемых параметров технологического процесса в информационную сеть предприятия;

## **1.5 Требования к видам обеспечения**

### **1.5.1 Требования к техническому обеспечению**

Теплогенераторы рециркуляционные газовые ТРГ-100 и ТРГ-200 предназначены для тепловой обработки железобетонных изделий из бетонов с объемной массой до 2500кг/м<sup>3</sup> марки по прочности до 400 включительно в среде продуктов сгорания природного газа в ямных, щелевых, туннельных камерах, для сушки кирпича, древесины, строительных материалов и др.

Теплогенераторы оснащены устройством электроискрового розжига, системой автоматического регулирования режима термической обработки .

Теплогенераторы ТРГ соответствуют требованиям ГОСТ Р 51625-20000.

Климатическое исполнение металлоконструкции теплогенератора, газоборудования - УХЛ 3.1, системы автоматики - УХЛ 4,2 по ГОСТ 15150.

Допускается размещение теплогенераторов ТРГ на открытых полигонах (при условии оснащения комплектующими изделиями соответствующего климатического исполнения) под навесом, исключающее прямое воздействие атмосферных осадков.

#### **Комплектность**

В комплект поставки теплогенераторов ТРГ входят:

- нагреватель (теплогенератор);
- горелка с газоборудованием;
- щит контроля и управления;
- узел увлажнения;
- комплект сопроводительной документации;
- паспорта заводов изготовителей на комплектующие приборы;
- упаковочный лист.

Вентилятор в комплект поставки не входит.

### *Устройство и принцип действия*

Теплогенератор рециркуляционный газовый ТРГ состоит из 1 нагревателя, 2 горелки с заслонкой, 3 тунеля горелочного, газооборудования и системы автоматики.

В состав газооборудования входит (приложение В): основной запорный орган (ручной кран), штуцер для выносного датчика, фильтр газовый, отсечной эл. магнитный клапан клапан номинального режима, безопасности, заслонка газовая, штуцер для выносного датчика.

Природный газ низкого или среднего давления подается на вход газооборудования и через систему эл. магнитных клапанов подводится к инжекционной горелке, через сопло подается в смеситель. Необходимое количество воздуха для горения инжектируется газом в инжекционных горелках. На инжекторе горелки установлена заслонка, посредством которой регулируется количество воздуха для горения. В смесителе происходит образование газовой воздушной смеси. Образовавшаяся газовоздушная смесь поджигается электрической искрой от свечи зажигания. Стабилизация факела происходит в горелочном туннеле.

На выходе теплогенератора предусмотрена заслонка, положением которой регулируется разрежение в камере сгорания теплогенератора ТРГ, что оказывает влияние на стабильную работу горелки. Положение заслонки устанавливается при пуско-наладочных работах, зависит от сопротивления системы тепловой обработки.

К фланцу с торца нагревателя крепится газопровод соединяющий теплогенератор с камерой тепловой обработки железобетонных изделий.

В установку для тепловой обработки изделий из железобетона продуктам и сгорания природного газа входит: камера тепловой обработки, теплогенератор, системы рециркуляции и дымоудаления.

При работе теплогенератора высокотемпературные продукты сгорания природного газа смешиваются с рециркулируемым теплоносителем в нагревателе. Смесь продуктов сгорания с воздухом заданной температуры поступает в к



амеру тепловой обработки, циркулирует через штабель изделий, отдает им тепло и вновь отбирается рециркуляционным вентилятором на нагрев.

Поддержание процесса тепловой обработки обеспечивается системой автоматического регулирования, регулятором температуры, программируемым 2Т РМ1.

Для повышения точности выдержки процесса подъема температуры при тепловлажностной обработке ЖБ изделий по заданной программе.

### **1.5.2 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение (ПО) должно быть совместимым с существующими на объектах эксплуатации ПО.

ПО, входящее в состав терминала должно обеспечивать комфортный пользовательский интерфейс на русском языке, обладать лицензионной антивирусной защитой и обеспечивать доступ только для зарегистрированных пользователей, прошедших процедуру аутентификации.

Объем жесткого диска персонального компьютера, либо серверное пространство, выделенное для хранения баз данных должно быть достаточным для размещения на нем информации за 3-х летний период.

Аппаратура обработки информации должна обеспечить хранение архивов информации:

- протокол событий, тренды – 1 месяц;
- отчеты за два часа, смену, сутки – 3 месяца;
- месячные отчеты – 1 год.

ПО должно иметь резервные архивные копии на компакт-диске.

Аппаратуру обработки информации, обеспечивающую учет контролируемых технологических параметров, необходимо обеспечить источником бесперебойного питания, гарантирующего их работу в течение двух часов. Световую и звуковую сигнализацию о начале питания системы учета от ИБП необходимо вывести на монитор, обеспечить фиксацию времени срабатывания.

При работе в автоматическом режиме не должны искажаться первичные данные, поступающие со средств измерений и измерительных систем; при любых способах ввода данных должны быть предусмотрены соответствующие способы контроля, исключающие или выявляющие возможные ошибки.

При применении электронных способов градуировки (юстировки) средств измерений и измерительных каналов должна быть предусмотрена запись в памяти устройства последнего вмешательства; факт вмешательства должен прослеживаться в течение 2-х лет.

### **1.5.3 Требования к метрологическому обеспечению**

Метрологическое обеспечение должно охватывать все стадии создания системы, а также ее эксплуатацию. На стадии внедрения должна производиться метрологическая аттестация измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом в соответствии с ГОСТ 8009-85. В процессе эксплуатации должна производиться периодическая поверка измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом.

В измерительные каналы системы входят следующие компоненты: датчики, преобразователи, устройства связи с объектом (контроллеры), линии связи, программное обеспечение. В состав системы разрешается включать вышеуказанные компоненты, прошедшие Государственную поверку на соответствие действующей на них нормативно-технической документации.

Срок службы не менее 10 лет. Гарантийный срок не менее 24 месяцев с момента начала эксплуатации. Межповерочный интервал 1 год. Вероятность безотказной работы за 2 000 часов не менее 0

## **2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА**

### **2.1 Производство железобетонных изделий**

Технологический процесс производства сборных бетонных и железобетонных изделий состоит из ряда самостоятельных операций, объединяемых в отдельные процессы. Операции условно разделяют на основные, вспомогательные и транспортные.

К основным операциям относят приготовление бетонной смеси включая подготовку составляющих материалов; изготовление арматурных элементов и каркасов; формование изделий, куда входит их армирование; тепловую обработку отформованных изделий, освобождение готовых изделий от форм и подготовка форм к очередному циклу; отделка и обработка лицевой поверхности некоторых видов изделий и т. п.

Кроме основных технологических операций на каждом этапе производят вспомогательные операции: получение и подачу пара и воды, сжатого воздуха, электроэнергии, складирование сырьевых материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, пооперационный контроль и контроль качества готовой продукции и др., необходимые для выполнения основных операций.

К транспортным относят операции по перемещению материалов, полуфабрикатов и изделий без изменения их состояния и формы.

Оборудование, используемое для выполнения соответствующих операций, называют соответственно основным (технологическим), вспомогательным и транспортным.

Основное и транспортное оборудование, предназначенное для выполнения операций в определенной последовательности, называют технологической линией.

На заводах сборного железобетона приняты поточные методы организации технологического процесса, сущность которых состоит в том, что весь процесс расчленяется на отдельные операции, которые выполняются в строгой последовательности на определенных рабочих местах, оснащенных специализированным оборудованием. На каждом рабочем месте в соответствии с принятыми методами обработки, оборудованием и организационным строением выполняется одна или несколько близких между собой технологических операций.

В промышленности сборного железобетона наиболее распространены два основных метода организации производства: в перемещаемых и неперемещаемых формах. Они отличаются условиями перемещения форм, изделий, машин и рабочих.

Выполнение комплекса основных технологических операций по изготовлению сборного железобетона осуществляется по трем принципиальным схемам: стандовой, поточно-агрегатной и конвейерной.

При изготовлении изделий в неперемещаемых формах все технологические операции, от подготовки форм до распалубки готовых отвердевших изделий, осуществляются на одном месте. К этому способу относится формование изделий на плоских стендах или матрицах, в кассетах.

При изготовлении изделий в перемещаемых формах отдельные технологические операции формования или отдельный комплекс их производятся на специализированных постах. Форма, а затем изделие вместе с формой перемещаются от поста к посту по мере выполнения отдельных операций. В зависимости от степени расчлененности общего технологического процесса формования по отдельным постам различают конвейерный, имеющий наибольшую расчлененность, и поточно-агрегатный способы. Последний отличается тем, что ряд операций — укладка арматуры и бетонной смеси, уплотнение — выполняются на одном посту, т. е. сегрегированы между собой. При конвейерном способе большинство операций выполняется на соответствующих постах, образующих в совокупности технологическую линию.

## *Способ уплотнения бетонной смеси: Армирование железобетонных изделий*

В заводском производстве на долю арматуры приходится около 20% себестоимости железобетонных изделий, поэтому вопросы организации арматурных работ на заводах сборного железобетона являются важнейшими и в техническом, и в экономическом отношении.

Различают армирование железобетонных изделий ненапряженное (обыкновенное) и предварительно напряженное. Операции армирования и виды арматуры, применяемые при каждом из этих способов армирования, имеют ряд принципиальных отличий.

Ненапряженное армирование осуществляется с помощью плоских сеток и пространственных (объемных) каркасов, изготовленных из стальных стержней различного диаметра, сваренных между собой в местах пересечений. В железобетоне различают арматуру несущую (основную) и монтажную (вспомогательную). Несущая арматура располагается в местах изделия, в которых под нагрузкой возникают растягивающие напряжения; арматура воспринимает их. Монтажная арматура располагается в сжатых или ненапряженных участках изделия. Кроме этих видов арматуры применяют петли и крюки, необходимые при грузочных работах, а также закладные части, крепления и связи сборных элементов между собой.

Наименьшие трудовые затраты на армирование изделий и конструкций будут при применении арматурных каркасов наибольшей степени готовности, т. е. состоящих не только из основной арматуры, но и из вспомогательной с приваренными петлями, крюками, закладными деталями. В этом случае операция по армированию сводится к установке готового арматурного каркаса в форму его и закреплению.

Арматурные сетки и каркасы изготовляют в арматурном цехе, оборудованном резательными, гибочными и сварочными аппаратами. Процесс производства строится по принципу единого технологического потока, от подготовки арм

атурной стали до получения готового изделия. Арматурные сетки и каркасы изготавливают в соответствии с рабочими чертежами, в которых указаны длина и диаметр стержней, их количество, расстояние между ними, места приварки закладных деталей и расположения монтажных петель. При установке и раскреплении каркасов в форме необходима высокая точность, так как от этого зависит величина защитного слоя бетона в изделии, иначе может возникнуть коррозия арматурной стали.

Стержневую арматурную сталь диаметром до 10 мм поставляют на завод в мотках (бухтах), а диаметром от 10мм и более — прутках длиной 6... 12 м или мерной длины, оговариваемой в заказах. Арматурную проволоку поставляют в мотках, причем каждый моток состоит из одного отрезка проволоки. Изготовление арматуры складывается из следующих операций: подготовки проволочной и прутковой стали — чистки, правки, резки, стыкования, гнутья; сборки стальных стержней в виде плоских сеток и каркасов; изготовления объемных арматурных каркасов, включая приварку монтажных петель, закладных частей, фиксаторов. Подготовка арматуры, поступающей на завод в мотках и бухтах, заключается в их размотке, выпрямлении (правке), очистке и разрезке на отдельные стержни заданной длины. Правку и резку арматурной стали осуществляют на правильно-отрезных станках-автоматах.

Прутковую арматурную сталь разрезают на стержни заданной длины, а также стыкуют сваркой в целях уменьшения отходов. Стыкуют стержни посредством контактной стыковкой электросварки и только в отдельных случаях при использовании стержней больших диаметров применяют дуговую сварку. Тактную стыковую сварку осуществляют методом оплавления электрическим током торцов стержней в местах их будущего стыка. При этом стержни сильно сжимают и сваривают между собой.

При изготовлении монтажных петель, хомутов и других фигурных элементов арматуры прутковую и проволочную арматурную сталь после разрезки подвергают гнутью. Сборку сеток и каркасов из стальных арматурных стержней

производят посредством точечной контактной электросварки. Сущность ее заключается в следующем. При прохождении электрического тока через два пересекающихся стержня в местах их контакта электрическое сопротивление оказывается наибольшим, стержни в этом месте разогреваются и, достигнув пластического состояния металла, свариваются между собой. Прочной сварке способствует также сильное сжатие стержней между собой. Процесс точечной сварки может длиться доли секунды при применении тока в несколько десятков тысяч ампер.

Точечную сварку осуществляют с помощью специальных сварочных аппаратов. Они отличаются мощностью трансформатора, количеством одновременно свариваемых точек (одно- и многоточечные), характером используемых устройств для сжатия свариваемых стержней. Сварочные машины позволяют создавать в комплексе с другими машинами и установками поточные автоматические линии изготовления плоских сеток как готового арматурного элемента, так и полуфабрикатов для изготовления пространственных каркасов.

В состав линии для сварки широких сеток входят групповые бухтодержатели продольной и поперечной подачи, правильные устройства, сварочная машина МТМС с отрезным устройством. В линии предусмотрена электромагнитная система программирования подачи поперечных и дополнительных продольных стержней, пневматические ножницы для поперечной резки сетки, посты для приварки закладных деталей и устройства для фиксаторов. Поточное выполнение всех операций по изготовлению арматурных сеток на одной технологической линии значительно снижает трудоемкость процесса по сравнению с доработкой сеток на кондукторах, выполняемой обычно вручную.

Изготовление пространственных арматурных каркасов производят в основном из плоских сеток, соединяемых между собой на специальных сварочных машинах. Сборка каркасов может производиться в горизонтальном и вертикальном положениях. Для удобства соединения узлов клещами для точечной сварки применяют вертикальный кондуктор. Плоские элементы арматуры укладывают

между штырями кондуктора, которыми они удерживаются на поворотной консоли, и кондуктор с арматурой можно перемещать вверх и вниз с помощью лебедки. Некоторые узлы кондуктора соединены между собой болтами. Это позволяет применять один и тот же кондуктор для сборки различных арматурных каркасов, закрепляя его элементы в соответствии с размером собираемого каркаса.

При необходимости (например, для ребристых плит) плоские сетки и каркасы можно гнуть на специальных гибочных станках. Напряженное армирование — создание в бетоне по всему сечению или только в зоне растягивающих напряжений предварительного обжатия, величина которого превышает напряжение растяжения, возникающее в бетоне при эксплуатации. Обычно предварительное обжатие бетона 5...6 МПа, а при изготовлении железобетонных напорных труб 10... 12 МПа. Обжатие бетона, как отмечалось выше, осуществляют силами и упругого последствия натянутой арматуры. Это достигается силами сцепления арматуры с бетоном или с помощью анкерных устройств.

Для обеспечения обжатия бетона применяемая арматурная сталь должна находиться в пределах упругих деформаций и не превышать 85...90% от предела текучести стали, а для углеродистых сталей, не имеющих четко выраженного предела текучести, — 65...70% от предела прочности на разрыв.

В качестве основной напрягаемой арматуры применяют проволочную и прутковую арматурные стали, а в качестве вспомогательной ненапрягаемой арматуры, если она имеет место в напряженных изделиях, — сварные сетки и каркасы.

При изготовлении предварительно напряженных изделий пользуются одноосным обжатием бетона отдельными стержнями или пучками проволок, располагаемых в изделии вдоль его продольной оси, и объемным обжатием путем навивки напряженной проволоки в двух или нескольких направлениях. Можно навивать проволоку и на готовое изделие с последующей защитой арматуры слоем бетона.



Арматурные элементы, применяемые в конструкциях, состоят из собственно арматуры, устройств для закрепления арматуры при натяжении и приспособлений для обеспечения проектного расположения отдельных стержней и проволок, из которых комплектуется арматурный элемент. Конструкция устройств для закрепления арматуры связана с технологией изготовления арматурного элемента, типом натяжения машин и приспособлений. Применяют два вида этих устройств: зажимы и анкеры. В свою очередь, зажимы и анкеры подразделяют по способу закрепления арматуры на клиновые, плоские, конические, волновые, петлевые, резьбовые, шпоночные и глухие анкеры, в которых концы арматурных пучков опрессовываются в обойме из мягкой стали. Все приведенные устройства, за исключением резьбовых, применяют для закрепления как круглых стержней, так и стержней периодического профиля.

Для захвата и закрепления стержневой арматуры применяют наконечники с винтовой нарезкой или различные клиновые суари с профилем, обратным профилю натягиваемой арматуры, прогрессивной конструкцией зажимных устройств являются упповые зажимы, применяемые при предварительной механизированной сборке проволочных пакетов. Зажимы применяют для закрепления каждого стержня, нити проволоки или группы их. Анкеры для проволочных пучков различают по способу натяжения и закрепления концов. Для закрепления пучков применяют два типа анкеров: конический с натяжением арматуры домкратом двойного действия и гильзовый с натяжением арматуры стержневым домкратом.

Передачу предварительного напряжения арматуры на бетон осуществляют тремя способами: 1) посредством сцепления арматуры диаметром 2,5...3 мм с бетоном; при большем диаметре арматуры сцепление обеспечивается путем устройства вмятин на поверхности проволоки или свивкой прядей из 2...3 проволок либо применением арматуры периодического профиля; 2) посредством сцепления арматуры с бетоном, усиленного анкерными устройствами; 3) посредством

ом передачи усилий натяжения на бетон через анкерные устройства на концах арматурного элемента без учета сцепления арматуры и бетона.

Натяжение арматуры производят различными способами: механическим, электротермическим, а также химическим при применении напрягающегося цемента. При механическом способе натяжения арматура растягивается осевой нагрузкой, создаваемой домкратами. Сначала арматуру натягивают до усилия, равного 50% проектного напряжения, при этом производят осмотр зажимных устройств и расположения арматуры. Затем натяжение арматуры доводят до величины, превышающей на 10% проектное напряжение, но не более 85% предела прочности проволоки при растяжении, и в таком состоянии выдерживают в течение 5 мин, после чего натяжение снижают до проектной величины. Отпуск напряженной арматуры (обжатие бетона) производят после достижения бетоном изделия необходимой прочности и проверки заанкеривания концов проволоки в бетоне. Фактическую прочность бетона определяют испытанием контрольных образцов. Прочность бетона во время отпуска арматуры составляет обычно 70% проектной прочности. Отпуск натяжения на стендах осуществляют постепенно, в 2...3 этапа. Разгрузку натянутых проволок при невозможности постепенного отпуска натяжения производят симметрично относительно оси поперечного сечения с числом одновременно разрезаемых проволок не более 10... 15% от общего числа проволок.

Сущность электротермического способа натяжения заключается в том, что удлинение арматуры достигается электрическим нагревом до определенной температуры, после чего нагретый стержень заанкеривается с двух сторон в упорах формы или стенда, которые препятствуют укорочению стержня при его охлаждении. После бетонирования конструкции и отвердения бетона арматура освобождается от упоров и усилия натяжения арматуры передаются на бетон. Этот способ натяжения арматуры по сравнению с силовыми имеет преимущества как по простоте оборудования, так и по трудоемкости. Электротермический способ применяют для натяжения стержневой арматурной стали.

Для натяжения арматуры электротермическим способом при меняют установки с последовательным и одновременным натяжением нескольких стержней. Кроме того, установки могут быть с нагревом стержней вне формы или непосредственно в ней. На установке вне формы можно производить нагрев 3...4 арматурных стержней диаметром 12... 14 мм, что соответствует числу стержней в изделии. Установка состоит из двух контактных опор (неподвижной и подвижной) и средней поддерживающей. Каждый контакт имеет две губки: токопроводящую и прижимную. Нагрев стержней контролируется по их удлинению автоматически. Нагретые стержни с установки снимаются и укладываются в упоры форм, которые препятствуют укорочению стержня при его охлаждении. После бетонирования конструкции и отвердения бетона арматуру освобождают от упоров и усилие натяжения арматуры передается на бетон.

Непрерывное механическое и электромеханическое натяжение арматуры сводится к тому, что проволока, предварительно напряженная до заданной величины, укладывается на поддон формы в соответствии с принятой схемой армирования. Фиксация натянутой проволоки производится навивкой ее вокруг штырей, расставленных по периметру поддона или стенда. Усилие от натяжения арматуры передается через штыри на стенд или форму до отвердения бетона в изделии. После достижения бетоном необходимой прочности проволока обрезается и усилие натяжения передается с арматуры на бетон. Арматура может располагаться в продольном или поперечном направлении по отношению к оси изделия, перекрестно или по диагонали. Бетон в изделии получает двух-трехслойное и даже объемное предварительное обжатие.

Преимуществом непрерывного армирования является возможность комплексной механизации и автоматизации технологического процесса. Непрерывная навивка и натяжение проволоки производятся на нескольких типах машин: с поворотным столом-платформой, с поворотной траверсой, с продольно-поперечным перемещением каретки и неподвижным поддоном (контуром), с возвратно-поступательным движением каретки и вращающимся сердечником или

контуром. Основными узлами каждой из этих машин являются: узел для размотки бухт и подачи проволоки с заданным натяжением; узел для перемещения поддона или подающего ролика; узел укладки проволоки на штыри или на сердечник по заданной схеме.

Навивка арматуры производится при возвратно-поступательном движении и навивочной машины ДН-7, перемещающейся по рельсовым путям стенда вдоль линии формования со скоростью 30...40 м/мин, и возвратно-поступательном перемещении в поперечном направлении к оси стенда примерно с такой же скоростью каретки со шпинделем. Шпиндель заканчивается пинолью, через которую проволока выдается на стенд. Анкеровка натянутой проволоки производится на штырях, установленных по периметру стенда (вне зоны бетонирования), в навивочных машинах от усилий натяжения имеют место часты обрывы проволоки. Для предупреждения этого на определенном участке прохождения проволоки нагревается электрическим током, для чего машина снабжается трансформатором. При этом не только предупреждается обрыв проволоки, но и уменьшается работа по натяжению арматуры.

## **2.2 Формование железобетонных изделий**

Задача технологического комплекса формования изделий состоит в получении плотных изделий заданных формы и размеров что обеспечивается применением соответствующих форм, а их высокая плотность достигается уплотнением бетонной смеси.

Комплекс технологических операций процесса формования может быть условно разделен на две группы: первая включает операции по изготовлению и подготовке форм (очистке, смазке, сборке), вторая — уплотнение бетона изделий и получение их заданной формы. Не менее важны при этом и транспортные операции, стоимость которых в общих затратах может достигать 10... 15%, а в отдельных случаях технико-экономический анализ возникающих при данной тех

нологической схеме формирования транспортных операций определяет организацию технологического процесса в целом. Наиболее характерным в данном случае является изготовление крупноразмерных особо тяжелых изделий — балок, ферм, пролетных строений мостов, когда по причине значительных затрат на их перемещение изготовление таких изделий организуют на одном месте, т. е. применяют стендовую схему организации процесса.

В общем технологическом комплексе изготовления железобетонных изделий операции формирования и ускоренного твердения бетона занимают определяющее место. Все другие операции — приготовление бетонной смеси, изготовление арматуры — являются в какой-то степени подготовительными.

Формы и смазочные материалы для них. Для изготовления железобетонных изделий применяют формы деревянные, стальные и железобетонные, а иногда металложелезобетонные. Следует отметить, что вопрос выбора материала форм весьма принципиален как в техническом, так и в экономическом отношении. Потребность в формах завода сборного железобетона огромна. Объем форм на большинстве заводов должен быть не менее объема выпускаемых заводом изделий в течение суток при искусственном твердении и в 5...7 раз больше при естественном их вызревании. В ряде случаев потребность в формах определяет общую металлоемкость производства (массу единицы металла к единице выпускаемой продукции), существенно влияющую на технико-экономические показатели предприятия в целом. При этом следует иметь в виду также, что формы работают в наиболее тяжелых технологических условиях; они систематически подвергаются сборке и разборке, очистке приставшего к ним бетона, динамическим нагрузкам при уплотнении бетонной смеси и транспортировании, действием паровой среды в период отвердения изделий. Все это неизбежно отражается на продолжительности их службы и требует систематического пополнения парка форм.

Если иметь в виду единовременные затраты на организацию завода железобетонных изделий, то деревянные формы оказываются наиболее целесообразными

ными. Однако срок службы их и качество изделий, получаемых в таких формах, невысок. Оборачиваемость деревянных форм в производстве не превышает десяти, после чего формы теряют необходимую жесткость, нарушаются их размеры и конфигурация формовочной емкости. Металлические формы выдерживают до 1000 оборотов.

Металлические формы наиболее характерны для специализированных предприятий сборного железобетона. Долговечность, сохранность размеров, простота сборки и разборки, высокая жесткость, исключая деформацию изделий в процессе изготовления и транспортирования, — вот те достоинства металлических форм, определившие их широкое применение. Недостатки металлических форм заключаются в том, что они существенно повышают металлоемкость предприятия, ухудшая этим технико-экономические показатели проекта.

Удельная металлоемкость форм зависит от вида формуемых в них изделий и схемы организации процесса формования. Наименьшая металлоемкость при стендовом способе; она составляет 300...500 кг металла форм на каждый 1 м<sup>3</sup> объема изделия. При изготовлении изделий в перемещаемых формах по поточно-агрегатной технологии металлоемкость достигает в среднем 1000 кг/м<sup>3</sup> для плоских изделий (панелей, настилов), 2000... 3000 кг/м<sup>3</sup> для изделий сложного профиля (лестничных маршей и площадок, балок и прогонов таврового сечения, ребристых панелей). Наибольшей металлоемкостью форм отличается организация процесса формования по конвейерной схеме, при которой изделия формуются на вагонетках-поддонах. Металлоемкость форм в этом случае достигает 7...8 т металла на каждый 1 м<sup>3</sup> формуемого в них изделия, т. е. масса формы в 3 раза и более превышает массу изделия в форме. Этот технико-экономический показатель является важной характеристикой при проектировании заводов с конвейерной технологией.

Металложелезобетонные формы, мало еще распространенные, занимают промежуточные технико-экономические показатели: первоначальные затраты на их изготовление оказываются не ниже, чем металлических, но они отличаются

я в 1,5...2 раза большей массой, что сказывается на транспортных расходах. Достоинство металложелезобетонных форм заключается в том, что они позволяют сократить в 2...3 раза затраты металла на изготовление формы. Металл в этом случае расходуется только на бортовую оснастку формы, тогда как поддон, отличающийся наибольшей металлоемкостью (он должен иметь высокую яркость), изготавливается железобетонным. Независимо от материала к формам предъявляются следующие общие требования: обеспечение необходимых форм и размеров изделий и сохранность их в процессе всех технологических операций; минимальная масса по отношению к единице массы изделия, что достигается рациональной конструкцией форм; простота и минимальная трудоемкость сборки и разборки форм; высокая жесткость и способность сохранить свою форму и размеры при динамических нагрузках, неизбежно возникающих при транспортировании, распалубке изделий и сборке форм.

Особую значимость для качества изделий и сохранности форм имеет правильный выбор смазочных материалов, препятствующих сцеплению бетона с материалом формы. Смазка должна хорошо удерживаться на поверхности формы в процессе всех технологических операций, обеспечивать возможность ее механизированного нанесения (распылением), полностью исключать сцепление бетона изделия с формой и не должна портить внешнего вида изделия. Этим требованиям в значительной степени удовлетворяют смазочные материалы следующих составов: масляные эмульсии с добавкой Кальцинированной соды; масляные смазки — смесь солярового (75%) и веретенного (25%) масел или машинного масла (50%) и керосина (50%) и др.

Особенности формования и изготовления изделий различными способами. Формование изделий при стендовом способе, т. е. в непереключаемых формах, осуществляется на плоских стендах, в матрицах и кассетах. Плоский стенд представляет собой бетонную гладкую отшлифованную площадку, разделенную на отдельные формовочные линии. В тело бетона закладывают отопительные приборы в виде труб, по которым пропускают пар, горячую воду или в них р

асполагают электроспирали. Перед формированием на стенде собирают переносные формы, в которые после их смазки укладывают арматуру и подают бетонную смесь посредством бетоноукладчика, перемещающегося по рельсам над каждой линией. По способу организации работы плоские стенды делят на протяжные, пакетные и короткие.

Протяжные стенды получили такое название потому, что стальная проволока, сматываемая с бухт, расположенных в торце стенда, с помощью крана или специальной тележки протягивается по линии формирования к противоположному торцу стенда, где закрепляется на упорах. Эти стенды используют для изготовления длинномерных изделий с большим поперечным сечением, имеющих большую высоту, а также для изготовления изделий, армированных стержневой арматурой. В настоящее время наиболее механизированным является стенд типа ГСИ (6242), расположенный в неглубоком лотке. Изготовление изделий на этом стенде осуществляется следующим образом. Бухты с проволокой располагают в створе формируемых изделий, а концы проволок с помощью клиньев закрепляют в захватах, установленных на специальных тележках. Затем с помощью крана или лебедки, установленной на противоположном конце стенда, тележка перемещается, увлекая за собой разматывающуюся бухту проволоки. В конце стенда захват вместе с арматурными проволоками снимают и закрепляют на упорах.

Натяжение арматуры (2... 10 проволок одновременно) осуществляют с помощью домкратов, после этого производят укладку и уплотнение бетонной смеси. Способ уплотнения выбирают в зависимости от вида формируемых изделий — поверхностными, глубинными и навесными вибраторами. После уплотнения бетонной смеси изделие укрывают, подают пар и производят тепловлажностную обработку по заданному режиму.

Пакетные стенды отличаются от протяжных тем, что проволочная арматура собирается в пакеты (пучки) на специальных пакетных столах или установках. Далее концы проволок закрепляют с помощью специальных зажимов, пак



ет переносят на линию стенда и закрепляют на упорах. Дальнейшие операции и изготовления изделий на пакетных стендах оказываются теми же, что и на протяжных стендах. Пакетные стенды используют для изготовления изделий с небольшим поперечным сечением, а также для изделий, изготавливаемых из отдельных элементов с последующим натяжением арматуры на затвердевший бетон.

Короткий стенд состоит из отдельных стационарных формовочных постов в виде силовых форм, предназначенных для изготовления предварительно напряженных железобетонных ферм, балок и других конструкций для промышленного строительства. Короткие стенды могут быть одноярусными, когда формование изделий осуществляется по высоте в один ряд, и многоярусными (пакетными), когда формование изделий осуществляется в несколько рядов по высоте. Вся технология изготовления изделий: подготовка стенда, натяжение арматуры, укладка и уплотнение бетонной смеси, тепловлажностная обработка и, наконец, распалубка изделий — осуществляется теми же методами, что и при изготовлении изделий на длинных стендах. Однако преимуществом короткого пакетного стенда по сравнению с длинным является более полное использование производственной площадки цеха.

При кассетном способе формование и твердение изделий осуществляются в неподвижной вертикальной форме-кассете. Кассета представляет собой ряд отсеков, образованных стальными или железобетонными вертикальными стенками. В каждом отсеке формируется одно изделие. Таким образом, количество изделий, одновременно формируемых в кассете, соответствует числу отсеков. Это существенно повышает производительность труда, а изготовление изделий в вертикальном положении резко сокращает производственные площади, что является важнейшим преимуществом кассетного способа. Бетонную смесь подают к кассетной установке насосом по бетоноводу, а затем через гаситель по гибкому шлангу в отсек, в который заранее укладывают арматуру. Уплотнение смеси производят навесными и глубинными вибраторами. Кассета имеет специальные паровые рубашки для обогрева изделий в период их тепловлажностной обработ

ки. Для этой цели можно использовать и отдельные отсеки. Применяют также электропрогрев изделий. По достижении бетоном заданной прочности стенки отсеков кассеты несколько раздвигаются механизмом и изделие краном извлекается из кассеты. При поточно-агрегатном способе укладку арматуры и бетонной смеси в форму и уплотнение смеси производят на одном технологическом посту, а твердение изделий — в специальных тепловых аппаратах (пропарочных камерах или автоклавах). При этом способе общий технологический процесс расчленяется по операциям. Собранную смазанную форму с уложенной в нее арматурой устанавливают на виброплощадку, бетоноукладчиком заполняют бетонную смесь и включают виброплощадку. Отформованное изделие вместе с формой краном переносят в пропарочную камеру, а затем, после осмотра ОТК, на тележке вывозят на склад. Бетонная смесь из бетоносмесительного отделения к бетоноукладчикам поступает по эстакаде. На каждой линии, обозначенной на рисунке римскими цифрами, дополнительно предусмотрены посты отделки изделий, укладки арматуры, распалубки форм, их очистки и смазки. Отдельные посты могут быть объединены, а пост отделки изделий перенесен к месту распалубки.

Конвейерный способ отличается от поточно-агрегатного большой расчлененностью технологических операций по отдельным специализированным постам. Всего таких постов на конвейерной линии до девяти: распалубка изделий, чистка и смазка форм, осмотр форм, укладка арматуры и закладных деталей, укладка бетонной смеси, уплотнение ее, выдержка изделий перед тепловлажностной обработкой. Формование изделий при конвейерном способе производят на вагонетках-поддонах, оснащенных специальной оснасткой, образующей стенки формы. Размер поддона 7X4,5 м, что позволяет одновременно формовать одно изделие площадью 6,8X4,4 м или несколько изделий равновеликой площади путем установки на поддоне разделительных деталей.

В процессе выполнения операций формовочного комплекса вагонетка посредством толкателя ритмично, через каждые 12...15 мин, перемещается от п

оста к посту по специально проложенным путям. Сформованное изделие подвешивается затем пропариванию в камере непрерывного действия, имеющей несколько ярусов по высоте. Подъем изделий с формой на верхние ярусы и спуск их после окончания тепловлажностной обработки осуществляются специальными подъемниками-снижателями, установленными со стороны загрузки и разгрузки камер.

Управление перемещением вагонеток производится оператором дистанционно с пульта управления. При этом способе предусматривается дистанционное выполнение и управление большинства операций формования. С этой целью производится максимальное членение процесса формования на отдельные операции с организацией соответствующих специализированных постов, что является необходимым фактором автоматизации производства.

В настоящее время изготовление железобетонных плит перекрытий и панелей внутренних стен, включая предварительно напряженных из тяжелого бетона для жилищного и гражданского строительства, ведут на двухъярусных станках. Двухъярусный стан работает по принципу вертикально замкнутого конвейера тележечного типа с формами-вагонетками, перемещаемыми по рельсовым путям верхнего и нижнего ярусов. Передвижение состава вагонеток пульсирующее. Стан состоит из подъемника-снижателя бетоноукладчика, вибронасадки, разравнивающей рейки, заглаживающего валика, затирочной машины, устройства. Для перемещения форм-вагонеток и щелевой камеры для тепло-влажностной обработки.

Технологический процесс изготовления изделий на двухъярусном стане складывается из следующих основных операций. Подъемник, расположенный в конце конвейера, подает форму-вагонетку с нижнего (заглубленного) яруса на верхний, толкатель передвигает ее на первый пост, где мостовой кран извлекает изделие из формы. Освободившуюся форму подают на пост чистки и смазки. На следующих постах укладывают обычную или предварительно напряженную арматуру (на поддоне установлены упоры для восприятия натяжения рабочей а

рматуры), фиксируют закладные детали, монтируют скрытую электропроводку и внутренние трубопроводы, замоноличиваемые в тело панели. Подготовленная форма поступает в зону формования вдоль стана где на своем пути встречает бетоноукладчик, который, перемещаясь перпендикулярно направлению движения формы, подает бетон в форму через отверстие вибронасадки по всей ширине формы, уплотняет ее и заглаживает специальными приспособлениями (рейками, валиками и дисковой затирочной машиной). После частичной тепловлажностной обработки на верхнем ярусе изделие с формой-вагонеткой поступает с помощью снижателя в нижний ярус стана, где происходят тепловлажностная обработка и остывание панели.

### **2.3 Твердение железобетонных изделий**

Твердение отформованных изделий — заключительная операция технологии изготовления железобетона, в процессе которой изделия приобретают требуемую прочность. Отпускная прочность может быть равна классу бетона или меньше его. Так, прочность бетона изделий при отгрузке потребителю должна быть не менее 70% проектной (28-суточной) прочности для изделий из бетона на портландцементе или его разновидностях и 100%—для изделий из силикатного (известково-песчаного) или ячеистого бетона. Однако для железнодорожных шпал отпускная прочность должна превышать 70% и для пролетных строений мостов — 80% от класса. Допускаемое снижение отпускной прочности изделий определяется исключительно экономическими соображениями, так как в этом случае сокращается продолжительность производственного цикла и соответственно ускоряется оборачиваемость оборотных средств. При этом имеется в виду, что недостающую до проектной прочность изделия наберут в процессе их транспортирования и монтажа и к моменту загрузки эксплуатационной нагрузкой прочность их будет не ниже проектной. В зависимости от температуры среды различают следующие три принципиально отличающихся режима тверден

ия изделий: нормальный при температуре 15...20°C; тепловлажностная обработка при температуре до 100°C и нормальном давлении; автоклавная обработка — пропаривание при повышенном давлении (0,8... 1,5 МПа) и температуре 174...200°C. Независимо от режима твердения относительная влажность среды должна быть близкой к 100%. Иначе будет происходить высушивание изделий, что приведет к замедлению или прекращению роста их прочности, так как твердение бетона есть в первую очередь гидратация цемента, т. е. взаимодействие цемента с водой.

Нормальные условия твердения достигаются в естественных условиях без затрат тепла. Это важнейшее технико-экономическое преимущество указанного способа твердения, отличающегося простотой в организации и минимальными капитальными затратами. В то же время экономически оправдан он может быть только в исключительных случаях. В естественных условиях изделия достигают отпускной 70%-ной прочности в течение 7...10 сут, тогда как при искусственном твердении — пропаривании или автоклавной обработке — эта прочность достигается за 10...16 ч. Соответственно при этом снижается потребность в производственных площадях, объеме парка форм, сокращается продолжительность оборачиваемости средств. Это и является причиной применения на большинстве заводов искусственного твердения. В то же время стремление отказаться от последнего является актуальной проблемой современной технологии бетона. Уже имеются бетоны, которые в течение одних суток при нормальных условиях твердения приобретают до 40...50% проектной прочности. Это достигается применением высокопрочных быстротвердеющих цементов, жестких бетонных смесей, интенсивного уплотнения вибрацией с дополнительным пригрузом, применением добавок — суперпластификаторов, ускорителей твердения, виброактивизации бетонной смеси перед формованием, применением горячих бетонных смесей. Дальнейшее развитие работ в этом направлении позволит, по-видимому, в ближайшие годы отказаться в ряде случаев от искусственного твердения.

Тепловлажностная обработка при нормальном давлении может осуществляться несколькими способами: пропариванием в камерах; электроподогревом; контактным обогревом; обогревом лучистой энергией; тепловой обработкой изделий в газовой среде; горячим формованием. Среди приведенного разнообразия технико-экономическое преимущество пока остается за пропариванием в камерах периодического и непрерывного действия, а также в среде продуктов сгорания природного газа. В камеры непрерывного действия загружают свежесформованные изделия на вагонетках, а с противоположного конца туннеля камеры непрерывно выходят вагонетки с отвердевшими изделиями. В процессе твердения изделия проходят зоны подогрева, изотермического прогрева (с постоянной максимальной температурой пропаривания) и охлаждения. В принципе камеры непрерывного действия, как и вообще всякое непрерывно действующее оборудование, обеспечивают наиболее высокий съем продукции с единицы объема камеры. Однако необходимость применения вагонеток и механизмов для перемещения изделий, а также ряд конструктивных сложностей туннельных камер в теплотехническом отношении не позволяет широко применять этот вид пропарочных камер. Используют их только при конвейерном способе производства.

Перспективными являются вертикальные камеры непрерывного действия.

Среди камер периодического действия основное применение находят камеры ямного типа, имеющие глубину 2 м и на 0,5...0,7 м выступающие над уровнем пола цеха. Размер камеры в плане соответствует размеру изделий или кратен им. Наиболее целесообразным является размер камеры, соответствующий размеру одного изделия в плане. В этом случае загрузочная емкость камеры и непроизводительный простой камеры под загрузкой будут минимальными. Однако при этом возрастает потребность в количестве камер. Технико-экономический анализ показал, что наиболее целесообразным оказывается размер двух изделий. Стенки камеры выкладываются из кирпича или делаются бетонными. Сверх

у камера закрывается массивной крышкой с теплоизоляционным слоем, предупреждающим потери тепла. Для предупреждения выбивания пара в стенках камеры сверху ее предусматривается канавка, засыпаемая песком или заливаемая водой. В эту канавку входят соответствующие выступы на крышке, камеры. Таким образом создается затвор, препятствующий выбиванию пара из камеры.

Изделия загружаются в камеру краном в несколько рядов по высоте. Если изделия в формах, то каждый верхний ряд изделий устанавливают на стенки нижней лежащей формы (через деревянные прокладки). При формировании же изделий с частичной немедленной распалубкой поддон с изделием устанавливают на специальные откидывающиеся выступы, предусмотренные в стенках камеры.

Режим пропаривания в камерах характеризуется продолжительностью подъема температуры, выдержкой при максимальной температуре, продолжительностью охлаждения, а также наибольшей температурой в период изотермического прогрева. Применяют самые разнообразные режимы твердения в зависимости от свойств цемента и его вида, свойств бетонной смеси (жесткая или подвижная), вида бетона (тяжелый или легкий), размеров изделий (тонкие или массивные).

В качестве усредненного можно привести следующий режим: подъем температуры со скоростью  $25...35^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ , снижение температуры —  $30...40^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ , изотермическая выдержка  $6...8$  ч и максимальная температура  $80...90^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, общая продолжительность пропаривания для изделий на обыкновенном портландцементе в среднем составляет  $12...15$  ч. Твердение изделий — наиболее продолжительная операция, в десятки раз превышающая все другие. Это требует изыскания путей снижения продолжительности пропаривания, для чего необходимо знать определяющие факторы.

В первую очередь на режим твердения оказывает влияние вид цемента. Применение быстротвердеющих цементов (алитовых и аливоалюминатных портландцементов) позволяет до 2 раз сократить продолжительность изотермической выдержки. Кроме того, оптимальная температура прогрева изделий на этих

цементов 70...80°C существенно сокращает время, потребное на нагрев и охлаждение изделий. В совокупности общая продолжительность тепловлажностной обработки изделий на алитовых и алитоалюминатных, быстротвердеющих портландцементов снижается до 6...8 ч. За этот период получают изделия с прочностью бетона, равной 70...80% от проектной.

Медленнотвердеющие цементы (пуццолановые и шлакопортландцементы) требуют более продолжительной изотермической выдержки (до 10... 14 ч) и более высокой температуры изотермического прогрева (до 95...100°C). Таким образом, общая продолжительность пропаривания бетонных изделий, приготовленных на пуццолановых или шлакопортландцементов, составляет 16...20 ч.

Применение жестких бетонных смесей, имеющих низкое начальное водосодержание, позволяет на 15...20% уменьшить продолжительность пропаривания. Если учесть, что дополнительные затраты энергии и труда на формование жестких смесей не превышают 10... 15% и компенсируются снижением расхода цемента при этом, то экономическая целесообразность применения жестких смесей становится очевидной и в данном случае. Изделия из легких бетонов, как, например, медленно прогревающиеся в силу их повышенных теплоизоляционных качеств, требуют и более продолжительного режима тепловлажностной обработки.

Способ формования предварительно подогретой до 75...85°C бетонной смеси получил название «горячего формования», при котором изделия поступают в камеру в подогретом виде и не требуют, таким образом, времени на их подогрев до максимальной температуры пропаривания. Этот способ предусматривает отказ от пропаривания.

Свежесформованные горячие изделия укрывают (способ термоса) и оставляют на 4...6 ч, в течение которых бетон набирает необходимую прочность. Подогрев бетонной смеси производят электрическим током в течение 8...12 мин.

Электропрогрев изделий по своим техническим свойствам и санитарно-гигиеническим условиям производства имеет несравнимое преимущество перед



всеми другими способами. Тормозят его развитие недостаток и все еще высокая стоимость электроэнергии. Расход электроэнергии при электротермической обработке бетона в среднем составляет 80... 100 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> изделий. Электропрогрев изделий достигается путем прохождения переменного тока через бетон. Последний, обладая электрическим сопротивлением большим, чем подводящие к нему ток электроды разогревается в результате преобразования электрической энергии в тепловую.

Электропрогреву в открытых формах подвергают изделия массивные, так как тонкостенные изделия при этом способе могут пересыхать, поэтому их целесообразно прогревать электрическим током в кассетах. Напряжение тока в начале электропрогрева принимают равным 65...90 В, а в конце — до 150...220 В. По мере отвердения электропроводность бетона понижается и для прохождения через него электрического тока требуется большое напряжение.

Контактный обогрев изделий достигается путем непосредственного их контакта с нагревательными приборами, например обогреваемыми стенками формы, основанием станда. При этом изделие плотно укрывают, чтобы предупредить потери испаряющейся из него влаги в окружающую среду. Необходимая влажность вокруг изделия достигается за счет избыточной воды, т. е. сверх потребной на твердение цемента, которая вводится для получения удобоукладываемой смеси.

В качестве теплоносителя применяют горячий пар, горячую воду, нагретое масло. Наиболее эффективно использование контактного обогрева тонкостенных изделий при достаточной их герметизации. Это наблюдается, например, в кассетах, в которых изделие заключено в узких, но глубоких отсеках. В этом случае возможен очень быстрый подъем температуры до максимальной (за 15...30 мин) без нарушения структуры бетона. Кроме того, образуется насыщенная паровая среда с несколько большим, чем атмосферное, давлением пара, что благоприятно сказывается на процессах твердения бетона.

Температурная обработка в термобассейнах применяется в том случае, когда требуется получить изделие высокой плотности водонепроницаемости (трубы, кровельные материалы). Твердение в горячей воде — наиболее благоприятный в этом отношении режим. Предварительно отвердевшие изделия помещают в бассейн с горячей водой и выдерживают в нем до приобретения необходимой прочности. Этот способ имеет хорошие технико-экономические показатели — низкий расход тепла обеспечивает наиболее благоприятные условия твердеющему бетону, но необходимость последующей сушки изделий является причиной практического отказа от обработки изделий в термобассейнах. Автоклавная обработка. Скорость большинства химических реакций, в том числе и взаимодействие цемента с водой, обеспечивающая твердение бетона, возрастает с повышением температуры, и тем она больше, чем выше температура. Кроме того, для твердения бетона необходима влажная среда. Сочетание этих двух факторов успешно достигается при обработке изделий паром высокого давления. С повышением давления соответственно возрастает температура насыщенного пара; при 100%-ной относительной влажности среды температуру выше 100°C получить нельзя. Сверх этой температуры относительная влажность среды будет меньше 100%, и помещенные в нее бетонные изделия начнут высыхать.

Наиболее распространенный режим автоклавной обработки: давление пара 0,8...1,5 МПа, температура насыщенного пара 170...200°C. При таком режиме получают изделия с проектной прочностью бетона в течение 8... 10 ч, что дает большой технико-экономический эффект.

Важным достоинством автоклавной обработки бетона является следующее: при высокотемпературных условиях песок, будучи инертным при нормальной температуре и пропаривании, становится активным, энергично взаимодействует с известью и обеспечивает получение бетона прочностью 20 МПа и более. Это позволяет широко использовать дешевые бесцементные известково-песчаные бетоны для изготовления способом автоклавной обработки прочных, водостойких и долговечных изделий.

При использовании портландцементов обычно применяют медленно твердеющие цементы. Их преимущество в данном случае не только в несколько пониженной стоимости, но и в большом приросте прочности, получаемом при автоклавной обработке по сравнению с другими видами портландцементов. Кроме того, в автоклавных портландцементных бетонах часть цемента (до 30...40%) может быть успешно заменена молотым песком. При этом прочность бетона не только не снижается, но даже наблюдается улучшение физико-механических свойств бетона, что имеет большую технико-экономическую значимость.

## **2.4 Отделка поверхности железобетонных изделий**

Выбор метода отделки поверхностей железобетонных изделий производят с учетом целого ряда требований. Отделка должна быть долговечной и защищать бетон от атмосферных и агрессивных воздействий, а также отвечать архитектурно-декоративным требованиям.

В настоящее время отделку поверхностей выполняют путем использования окрасочных составов, облицовочных материалов и цветных бетонов.

Окрасочные составы должны быть щелоче- и водостойкими, долговечными и устойчивыми против выцветания. В качестве окрасочных составов используют силикатные, цементные и полимерные краски. Силикатные краски готовят из жидкого стекла, минеральных красящих веществ (пигментов) и наполнителей. Цементные краски готовят из белого цемента с минеральными красящими веществами, а перхлорвиниловые (полимерные) краски — из минеральных красящих веществ, разбавленных перхлорвиниловым лаком. Нанесение красок на поверхность железобетонных изделий производят с помощью пистолета-распылителя за два или три приема в зависимости от цвета используемого красящего вещества и консистенции раствора. Покраску поверхностей ведут при положительных температурах.

К облицовочным материалам наряду с архитектурно-декоративными требованиями предъявляются требования высокой прочности и долговечности в условиях переменных атмосферных воздействий. В настоящее время в качестве облицовочных материалов используют плитки из природных каменных материалов, керамические, асбестоцементные, стеклянные плитки, плитки и блоки из цветного бетона, гофрированные листы из алюминия.

Плитки из природных каменных материалов — наиболее долговечный, обеспечивающий разнообразную гамму цветов материал, получаемый в результате распиловки мраморов, гранитов, лабрадоритов, кварцитов, известняков и других окрашенных горных пород.

Бетонные плитки изготавливают на специальных гидравлических прессах из цветного бетона.

Большое распространение при отделке железобетонных панелей получили и керамические облицовочные плитки, обладающие высокими и декоративными свойствами, они хорошо сцепляются с бетоном и отличаются индустриальностью производства. Плитки выпускают крупноразмерные (10X10, 10X20 см) и мелкоразмерные (48X48 мм). При производстве крупноразмерных железобетонных панелей облицовка из мелкоразмерной ковровой плитки оказывается менее трудоемкой и более производительной по сравнению с облицовкой крупноразмерной плиткой, которая укладывается поштучно вручную. Для увеличения сцепления стеклянной поверхности плитки с раствором или бетоном ее тыльную поверхность покрывают кремнийорганическими составами типа ЗН-30, которые обладают хорошей адгезией к стеклу. Стеклянные плитки выпускают различных цветов — от белого до черного. В качестве облицовочных материалов для отделки железобетонных стеновых панелей используют также цветные цементные плитки и алюминиевые листы. Последние обладают высокой атмосферостойкостью, прочностью и хорошими архитектурно-декоративными свойствами.

Цветные бетоны получают, используя неорганические минеральные краски, обладающие высокой щелоче- и атмосферостойкостью. Красная, желтая и коричневая окраски бетона могут быть получены путем добавления пигментов из оксидов железа, зеленая — при введении зеленого оксида или гидроксида хрома.

## **2.5 Приемка и испытание железобетонных изделий**

Приемка железобетонных изделий осуществляется партиями, которые состоят из однотипных изделий, изготовленных по одной технологии в течение не более 10 дней. В процессе приемки наружным осмотром проверяют внешний вид изделий, отмечают наличие трещин, раковин и других дефектов. Затем с помощью измерительных линеек и шаблонов проверяют правильность формы и габаритные размеры изделий. Если при контрольных замерах изделия будут выявлены отклонения по длине или ширине, превышающие допускаемые, то изделие бракуют.

При приемке изделий определяют и прочность бетона, которую Устанавливают по результатам испытания контрольных образцов и путем испытания готовых изделий. Контрольные образцы с ребром 10, 15 и 20 см изготавливают в металлических разъемных формах в количестве не менее 3 шт. и не реже одного раза в смену, а также для каждого нового состава бетонной смеси. Уплотнение бетонной смеси в образцах осуществляют на стандартной виброплощадке с амплитудой 0,35 мм и частотой вращения 300 кол/мин.

Образцы должны твердеть в одинаковых условиях с изделиями. Предел прочности бетона определяют путем испытания образцов на гидравлических прессах и вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания трех образцов. Испытание готовых железобетонных изделий на прочность жесткость и трещиностойкость производят согласно ГОСТам, отбор изделий для

испытаний производят в количестве 1% от каждой партии, но не менее 2 шт., если в партии менее 200 изделий. Испытание производят на специальных испытательных стендах, нагружая конструкцию гидродомкратами, штучными грузами или рычажными приспособлениями. Критерием прочности служит нагрузка, при которой изделие теряет свою несущую способность (разрушается).

В последнее время для определения прочности бетона в конструкциях пользуются методами, не разрушающими изделия, — физическими и механическими. К физическим методам относятся ультразвуковые и радиометрические. Механические методы основаны на определении величины упругой или пластической деформации. В первом случае прочность бетона оценивают по величине упругого отскока бойка от поверхности бетона; во втором прочность бетона характеризуется величиной отпечатка наконечника на поверхности бетона. Приборы этой группы получили широкое применение в строительстве.

### 3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств АСУ ТП по пропариванию ЖБИ изделий на ООО ЗКПД ТДСК построена по трехуровневому иерархическому принципу в соответствии с п. 1.3.1 настоящего ТЗ.

Нижний (полевой) уровень Системы состоит из первичных средств автоматизации:

- Датчики температуры:

- 1) три секции по одному преобразователю температуры с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА, а также на каждый воздухопровод по одному преобразователю температуры;

- 2) клеммные коробки;

- Датчики давления:

- 1) на каждый выходной воздухопровод по одному преобразователю давления с унифицированным выходным сигналом;

- Датчик влажности:

- 1) по центру камеры устанавливается датчик влажности;

- напоромеры, тягонапоромеры:

- 1) присоединительное давление газа, разряжение в камере обработке и в камере горения;

- кабельная продукция;

- распределительные и клеммные коробки, а также термокожухи.

Нижний уровень выполняет следующие функции:

- измерение параметров технологического процесса и оборудования и преобразования;

- сбор и передачу информации о ходе технологического процесса и состоянии технологического оборудования на верхний уровень посредством оборудования среднего уровня.

Средний уровень АСУ ТП состоит из контроллеров и прочих устройств аналого-цифрового, цифро-аналогового, дискретного, импульсного и т.д. преобразования, и устройств для сопряжения с верхним уровнем (шлюзов). Отдельные контроллеры могут быть объединены друг с другом при помощи контроллерных сетей. Контроллерные сети строятся на базе интерфейса RS-485, совместимого с серверами OPC и SCADA-системами.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень АСУ ТП пропаривания в соответствии с требованиями п. 1.3.1 настоящего ТЗ состоит из АРМ оператора.

Состав АРМ оператора:

– персональный компьютер в составе:

- 1) монитор (не менее 19");
- 2) клавиатура;
- 3) манипулятор типа "мышь";
- 4) плата интерфейсов;

– ИБП;

– лицензионное ПО.

Верхний уровень Системы выполняет следующие функции:

- прием информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса со среднего уровня системы;
- формирование и оперативное отображение информации в реальном масштабе времени в виде мнемосхем с динамическими элементами, таблиц и графиков отражающими текущее состояние технологического процесса;
- формирование и ведение технологической базы данных;
- выборка информации из базы данных реального времени, выборка и поиск информации в исторической и архивной базе данных;
- формирование и отображение протоколов событий;
- формирование и выдача команд дистанционного управления;



- обмен данными с нижним уровнем Системы посредством оборудования среднего уровня;
- печать отчетной документации, сводок, трендов, протоколов событий, перечней неисправностей и/или отказов;
- бесперебойное питание технических средств верхнего уровня.

Структурная схема комплекса технических средств представлена в приложении А.

## **4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является одним из основных проектных документов, определяющих функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. Она представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики. Вспомогательные устройства, такие, как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы, на ФСА не показывают. Как правило, ФСА выполняют на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке. На основании ФСА выполняют остальные чертежи проекта и составляют ведомости и заказные спецификации приборов и средств автоматизации. Для однотипных технологических объектов, не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации, выполнение ФСА допускается лишь для одного из них.

В данной работе функциональная схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [13, 14].

Функциональная схема автомати, приложение В.

## **5 КОМПЛЕКС АППАРАТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Комплекс аппаратно-технических средств (КАТС) АСУ ТП пропаривания включает в себя устройства измерения и индикации, интерфейсные линии связи, а также исполнительные механизмы.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе и, посредством, коммуникационных интерфейсов осуществляют передачу этой информации на верхний уровень системы (на АРМ оператора).

## 5.1 Выбор устройств измерения

АСУ ТП пропаривания в соответствии с ТЗ реализуется на базе датчиков с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. При этом подбор осуществляется с учетом температуры окружающей среды, взрывозащищенным корпусом.

### 5.1.1 Напоромеры, Тягонапоромеры.



*Рис.1 Измеритель давления многофункциональный ПРОМА – ИДМ*

Измеритель давления многофункциональный ПРОМА-ИДМ, ПРОМА-ИДМ-4Х, ПРОМА-ИДМ-4Х(Т)\*

Предназначен для непрерывного измерения значений:

- вакуумметрического давления (ДВ);
- вакуумметрического и избыточного давления (ДИВ);

- избыточного давления (ДИ);
- перепада давлений воздуха и нейтральных газовых сред (ДД).

Используется для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в теплоэнергетике, системах газораспределения и газопотребления, вентиляции, контроля газовых фильтров, счетчиков и в других отраслях.

Рабочая среда – газ, воздух.

В сравнении с аналогами:

- повышенная точность измерения -  $\pm 1\%$ ;
- возможность питания от сети 220В, 50Гц и источника питания = 24В;
- возможность прямой коммутации больших нагрузок - переключающиеся контакты реле (2А, 220В);
- работа в сети MODBUS по стандарту RS-485 (до 32 приборов при 2-х проводной связи);
- малые габариты.

Функциональность "три в одном":

- непрерывное преобразование измеряемого значения давления в унифицированный сигнал постоянного тока (4-20мА) для систем управления;
- индикация измеряемого значения на 4-х местном цифровом табло;
- формирование дискретных сигналов в систему коммутации при достижении 2-х перенастраиваемых пределов измеряемого параметра.

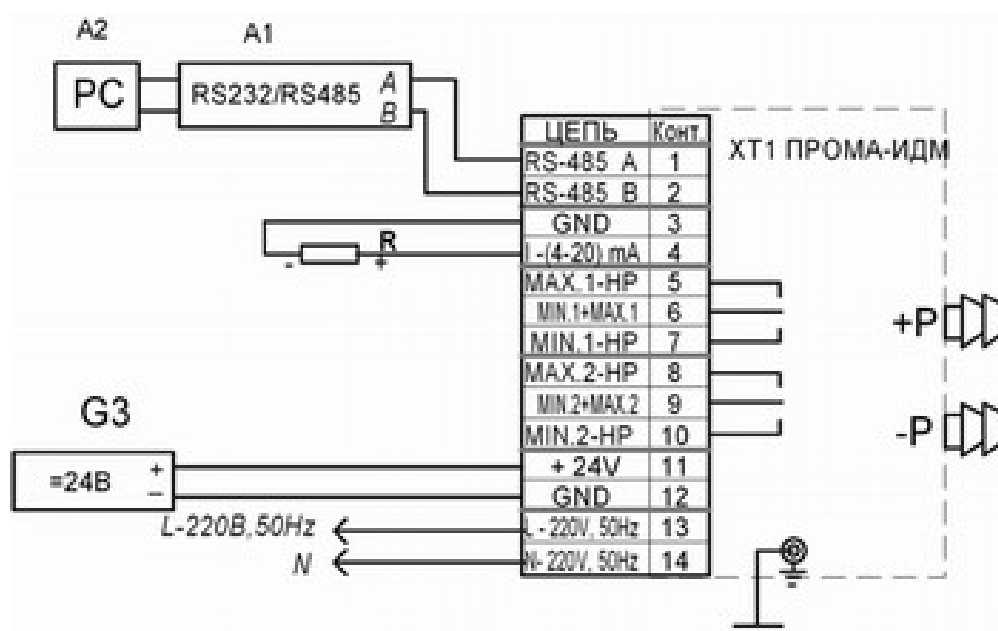


Рис.2 Схема внешних подключений ПРОМА - ИДМ4Х

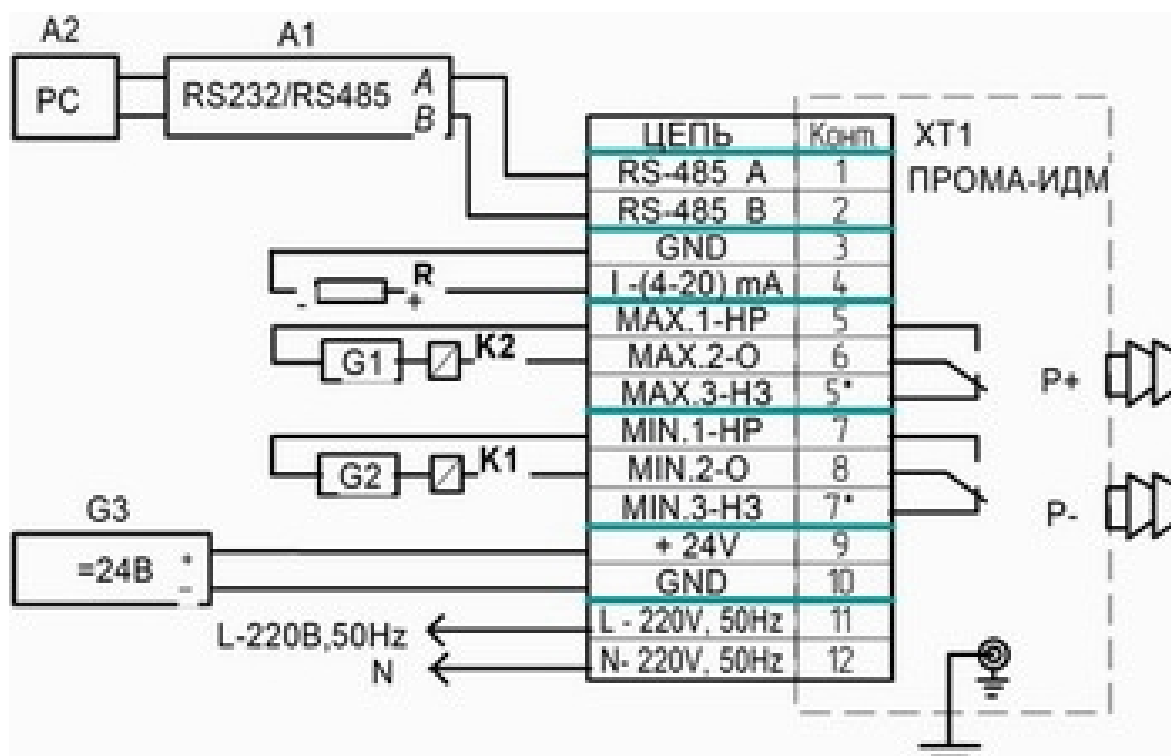


Рис.3 Схема внешних подключений ПРОМА - ИДМ

R – нагрузка токового выхода (суммарная – не более 500 Ом), K1, K2 – реле постоянного или переменного тока типа РП-23, РП-25, РПЛ-122, 8Э12 и их аналоги с током управляющей обмотки не более 0,1А, А1 – преобразователь и интерфейса RS-232 / RS-485 с гальванической развязкой типа ADAM-4520, А2 –

ПЭВМ РС с программным обеспечением для SCADA системы, G1,G2 – источники напряжения от 5 до 220В постоянного или переменного тока, в зависимости от типа реле, G3 – источники постоянного тока 24В с допустимым током 0,2А на один прибор.

*Табл. 1 Исполнения измерителей давления*

Тип	Модель	Предел измерений, кПа	Перегрузка, кПа	Рабочее давление, кПа
Измеритель вакуумметрического давления ПРОМА-ИДМ-4х-ДВ ПРОМА-ИДМ-ДВ	ИДМ-ДВ-2,5	- 2,5	- 50	
	ИДМ-ДВ-4	- 4,0	- 50	
	ИДМ-ДВ-6	- 6,0	- 50	
	ИДМ-ДВ-10	- 10	- 50	
	ИДМ-ДВ-16	-16	-100	
	ИДМ-ДВ-25	- 25	-100	
	ИДМ-ДВ-40	- 40	-100	
Измеритель избыточного давления ПРОМА-ИДМ-4х-ДИ ПРОМА-ИДМ-ДИ	ИДМ-ДИ-0,25	+0,25	+20	
	ИДМ-ДИ-0,6	+0,6	+20	
	ИДМ-ДИ-1	+1,0	+20	
	ИДМ-ДИ-1,6	+1,6	+20	

	ИДМ-ДИ-2,5	+2,5	+50	
	ИДМ-ДИ-4	+4	+50	
	ИДМ-ДИ-6	+6	+50	
	ИДМ-ДИ-10	+10	+50	
	ИДМ-ДИ-16	+16	+100	
	ИДМ-ДИ-25	+25	+100	
	ИДМ-ДИ-40	+40	+100	
	ИДМ-ДИ-60	+60	+200	
	ИДМ-ДИ-100	+100	+200	
	ИДМ-ДИ-160	+160	+400	
	ИДМ-ДИ-200	+200	+400	
Измеритель вакуу мметрического и и збыточного давлени я ПРОМА-ИДМ-4х-Д ИВ ПРОМА-ИДМ-ДИВ	ИДМ-ДИВ-0,08	$\pm 0,08$	$\pm 20$	
	ИДМ-ДИВ-0,125	$\pm 0,125$	$\pm 20$	
	ИДМ-ДИВ-0,25	$\pm 0,25$	$\pm 20$	
	ИДМ-ДИВ-0,8	$\pm 0,8$	$\pm 20$	

	ИДМ-ДИВ-2	$\pm 2$	$\pm 20$	
	ИДМ-ДИВ-5	$\pm 5$	$\pm 100$	
	ИДМ-ДИВ-12,5	$\pm 12,5$	$\pm 100$	
	ИДМ-ДИВ-20	$\pm 20$	$\pm 100$	
Измеритель разности давлений ПРОМА-ИДМ-4х-ДД ПРОМА-ИДМ-ДД	ИДМ-ДД-0,1	0,1	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-0,16	0,16	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-0,25	0,25	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-0,6	0,6	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-1	1,0	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-1,6	1,6	$\pm 20$	100/300
	ИДМ-ДД-2,5	2,5	+50	75
	ИДМ-ДД-4,0	4,0	+50	75
	ИДМ-ДД-6,0	6,0	+50	75
	ИДМ-ДД-10	10	+50	75
	ИДМ-ДД-16	16	+100	200



	ИДМ-ДД-25	25	+100	200
	ИДМ-ДД-40	40	+100	200

\* ПРОМА-ИДМ-4Х(Т) предназначен для использования при температуре наружного воздуха до -40 °С. Прибор выполнен на базе ПРОМА-ИДМ-4Х, все технические и метрологические характеристики соответствуют базовому прибору. Количество релейных выходов – 2 (MIN и MAX). Температура, при которой включается внутренний подогрев, задается пользователем.

### 5.1.2 Датчики температуры



*Рис.4 Датчики температуры TSM-50M, TSM-100M*

Медные термометры сопротивления типа TSM-50M и TSM-100M применяются для измерения температуры исследуемой среды в пределах от -200 до +180 0С. Эти приборы разработаны для использования в различных производственных процессах. Например, медные термосопротивления широко распространены в пищевой и перерабатывающей промышленности.

TSM-50M и TSM-100M имеют несколько модификаций, имеющих разные характеристики по нескольким признакам. Так, медные термометры сопроти

вления обладают тремя типами присоединения: для этого используются 2-, 3- и ли 4-проводные схемы.

Конструкция термометров сопротивления состоит из нескольких частей:

- корпуса,
- каркаса из прочного материала,
- проволоки, намотанной на каркас. Именно этот элемент называется чувствительным и служит для определения уровня температуры.

Для производства чувствительных материалов используются различные металлы, которые соответствуют следующим требованиям:

- устойчивость к окислению,
- обладают монотонной зависимостью значения сопротивления от текущей температуры, и другие.

Одно из основных свойств чувствительного элемента – уровень сопротивления. Он указан в названии приборов: ТСМ-50М или ТСМ-100М. 50 или 100 означают в данном случае, какое сопротивление имеет эталонный элемент, если температура равна 0 °С.

Наиболее подходящим материалом является платина. Приборы с этим металлом могут измерить температуру в пределах 1100 °С. Однако такие устройства отличаются более высокой ценой. По этой причине широкое распространение получили модели, в которых применяется медная проволока. Такие термометры сопротивления отличаются высокой точностью измерений, долговечностью и выгодной ценой.

*Табл. 2 ТХА (К) - никель - хром / никель - алюминий (хромель / алюмель).*

Температура раб. конца, °С	Термо-ЭДС, мВ
-200	-5,891
-150	-4,913
-100	-3,554

-50	-1,889
0	0,000
50	2,023
100	4,096
150	6,138
200	8,138
250	10,153
300	12,209
350	14,293
400	16,397
450	18,516
500	20,644
520	21,497
540	22,350
560	23,203
580	24,055
600	24,905
620	25,755
640	26,602
660	27,447
680	28,289
700	29,129
720	29,965
740	30,798
760	31,628
780	32,453

800	33,275
820	34,093
840	34,908
860	35,718
880	36,524
900	37,326
920	38,122
940	38,918
960	39,708
980	40,494
1000	41,276
1020	42,053
1040	42,826
1060	43,595
1080	44,359
1100	45,119
1120	45,873
1140	46,623
1160	47,367
1180	48,105
1200	48,838
1220	49,565
1240	50,286
1260	51,000
1280	51,708
1300	52,410

1320	53,106
------	--------

ГОСТ 6651-2009 - НСХ Термопреобразователи типа ТСМ 50М

*Табл. 3 ТСМ 50М: Номинальная статическая характеристика для медных термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов  $R_0 = 50$  Ом.*

Термопреобразователь ТСМ 50М	
Температура раб. конца, °С	Сопротивление, Ом
-200	6,085
-190	8,14
-180	10,29
-170	12,57
-160	14,84
-150	17,105
-140	19,355
-130	21,595
-120	23,83
-110	26,05
-100	28,265
-90	30,505
-80	32,695
-70	34,875
-60	37,055
-50	39,225
-40	41,39
-30	43,55
-20	45,705
-10	47,855
0	50

10	52,14
20	54,28
30	56,415
40	58,555
50	60,695
60	62,835
70	64,97
80	67,11
90	69,25
100	71,39
110	73,525
120	75,665
130	77,805
140	79,945
150	82,08
160	84,22
170	86,36
180	88,5
190	90,635
200	92,775

### 5.1.3 Датчик влажности



*Рис.5 Датчики влажности ДВТ-03*

Датчик относительной влажности и температуры ДВТ-03.ТЭ предназначен для контроля и регулирования относительной влажности и температуры в воздуха и неагрессивных газов.

Датчик ДВТ-03.ТЭ является экономичным аналогом ДВТ-03.Т. Датчик не имеет индикатора, а по точности соответствует ДВТ-03.Т исполнения 2. Прибор имеет 2 токовых выхода 4...20 мА и может работать в комплекте с двухканальным измерителем или измерителем-регулятором с соответствующими входами, например, Ратар-03 или ОВЕН 2ТРМ1 Возможна поставка готовых (соединенных и настроенных) комплектов по заказу.

Может применяться вместо датчика влажности и температуры ДВТ-02 и ДВТ-02.М.

Прибор выпускается в корпусах трёх типов

- пластиковом герметичном настенном – Н;
- пластиковым негерметичном с креплением на DIN-рейку – D;
- с клеммной головкой – К1.

Прибор в настенном корпусе имеет пять исполнений:

- настенное с встроенным чувствительным элементом – Н1;
- настенное с выносным чувствительным элементом – Н2;
- канальное без штуцера – К1;
- канальное со штуцером – К2;
- уличное – У.

Прибор с клеммной головкой имеет три исполнения:

- без крепления – К11-1;
- со штуцером для установки на стену при помощи кронштейна – К11-2;
- с фланцем для установки на воздуховод – К14-1.

По точности измерения прибор выпускается двух типов: Н2 - с нормальной точностью; Н3 - с пониженной точностью.

*Отличительные особенности ДВТ-03.ТЭ*

- Взаимозаменяемый чувствительный элемент
- Низкая стоимость при высоких технических параметрах
- Низкая инерционность
- Улучшенная временная стабильность
- Встроенная система для защиты ЧЭ от конденсации влаги
- Различные конструктивные исполнения
- Аксессуары для монтажа и юстировки датчика.

*Технические характеристики датчика относительной влажности и температуры ДВТ-03.ТЭ*

Напряжение питания – от 10 до 36 В.

Количество унифицированных токовых выходов 4 ...20 мА – 2.

Рабочий диапазон измерения и преобразования сигнала:

а) по относительной влажности:

– 4 мА соответствует 0 % отн.;

–20 мА соответствует 100 % отн., без конденсации влаги;

б) по температуре:

– 4 мА соответствует минус 40 °С;

– 20 мА соответствует плюс 100 °С.

*Табл. 4. Основная абсолютная погрешность измерения относительной влажности и температуры*

Измеряемая величина	Абсолютная погрешность, в зависимости от исполнения по точности измерения	
	исполнение 2	исполнение 3
Относительная влажность в диапазоне, %: от 10 до 90;	±3,0	±4,5



от 0 до 10 и от 90 до 98	$\pm 4,0$	$\pm 7,5$
Температура в диапазоне, °C: от -10 до +60;	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$
от -40 до -10 и от +60 до +100	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$

Прибор имеет взаимозаменяемый ЧЭВТ.

Постоянная времени измерения относительной влажности – не более 60 С (без защитного фильтра).

Потребляемая мощность не более 2 ВА.

Габаритные размеры электронного блока прибора, мм, не более: – длина – 115,0; высота – 65,0; глубина – 40,0.

Масса прибора – не более 0,24 кг.

Достоинства:

- Простая юстировка
- Различные конструктивные исполнения
- Наличие дополнительной защиты от конденсации влаги и агрессивных веществ (исполнение М)
- Низкая стоимость
- Аксессуары для монтажа и юстировки датчиков ДВТ-02

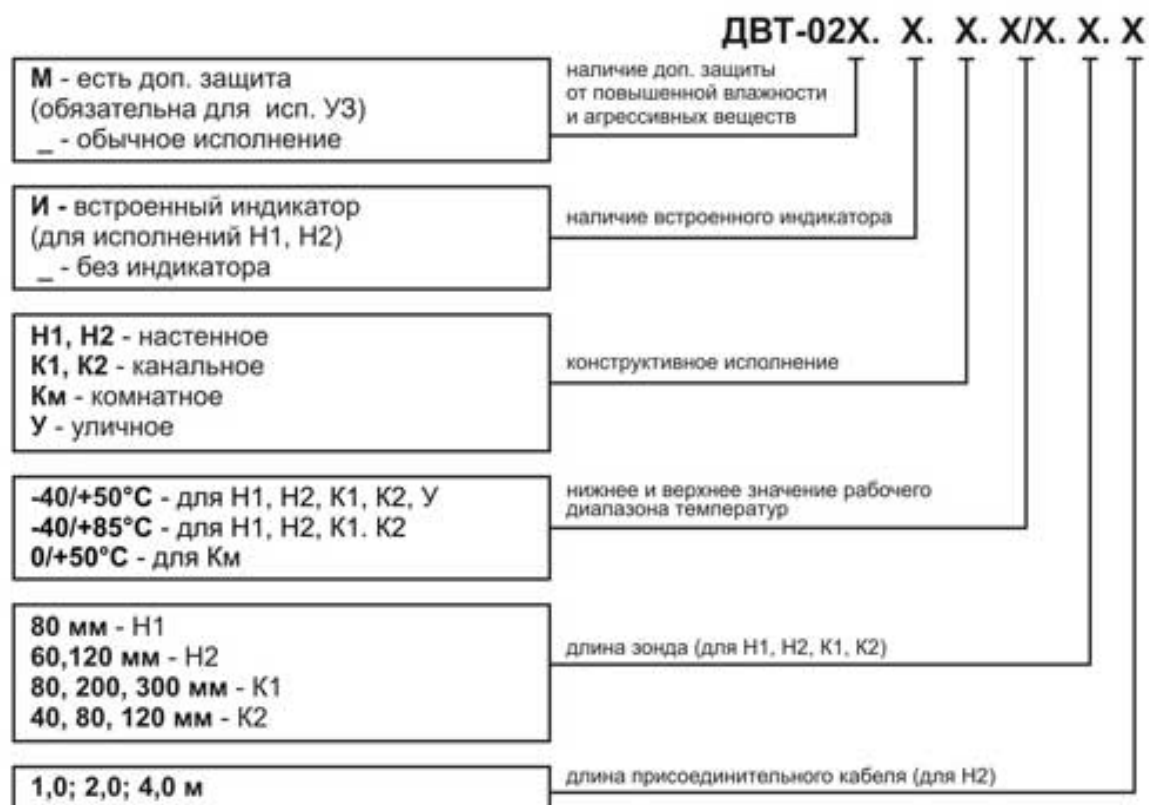


Рис.6 ДВТ

#### 5.1.4 Выбор датчика наличия пламени



Рис.7 Фотосигнализаторы пламени ФСП 1 и ФЭСП-2.Р

##### Описание

Фотосигнализатор пламени ФСП 1 используется в горелках и других сжигающих топливо установках для котлов и печей. Возможности фотосигнализатора пламени ФСП 1:

- преобразование низкочастотных пульсаций видимого и инфракрасного излучения пламени в топочных камерах в дискретный двухпозиционный выходной сигнал. Фотоэлектродный сигнализатор пламени ФЭСП-2.Р предназначен для контроля и сигнализации наличия пламени запальника и пламени горелки.

Возможности фотоэлектродного сигнализатора пламени ФЭСП-2.Р:

- преобразование сигналов от фоторезистора (Ф) и от электродного датчика пламени (КЭ) в дискретные выходные сигналы.

*Табл. 5 Описание ФСП*

Исполнение	Описание
ФСП 1.1	Замыкание контактов реле контроля пламени. Коммутационная способность контактов: для активной нагрузки - 0,05-0,1А, 6-220В переменного тока частотой 50-1000Гц; для индуктивной нагрузки ( $t \leq 0,015\text{с}$ ) - 0,1-0,3А, 6-30В постоянного тока.
ФСП 1.2	Замыкание контактов реле контроля пламени. Коммутационная способность контактов: для активно-индуктивной нагрузки ( $\cos \varphi \geq 0,3$ ) - 0,001-0,25А, 6-220В постоянного тока; для активной нагрузки - 0,001-2А, 6-220В переменного тока.
ФСП 1.3	Изменение состояния бесконтактного ключа (транзисторный ключ с "открытым" коллектором): логический "0" - ключ разомкнут, логическая "1" - ключ замкнут. Коммутационная способность - не менее 45В, 0,25А постоянного тока.

Код ОКП 42 1878 Технические условия: ТУ 4218-084-00225549-95, ТУ 4218-096-00225549-99.

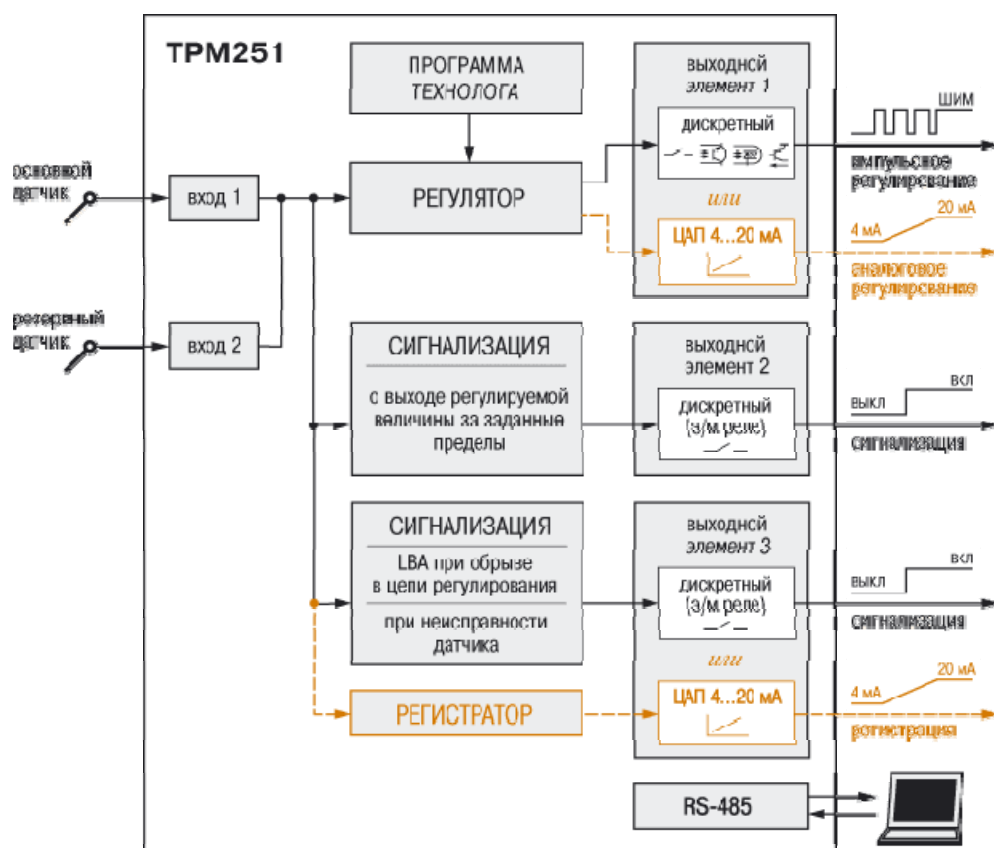
Табл. 6. Технические характеристики ФСП

	Фотосигнализатор пламени ФСП 1	Фотоэлектродный сигнализатор пламени ФЭСП-2.Р
Питание:	Напряжение - ~220В (от 187 до 242В); Частота - от 48 до 62Гц; Потребляемая мощность - не более 5ВА.	Напряжение - ~(24+/-2,4)В ; Частота - от 48 до 62Гц; Потребляемая мощность - не более 3,5ВА.
Конструктивное исполнение:	Габаритные размеры - 205x120x195мм; Масса - не более 1,5кг; Монтаж - фланцевый, на орелочном устройстве; Подключение - штепсельный разъем.	Габаритные размеры - 205x120x195мм; Масса - не более 1,5кг; Монтаж - фланцевый, на орелочном устройстве; Подключение - штепсельный разъем.
Входной сигнал:	Вид: низкочастотная пульсация света с частотой 6-12Гц; Длина волны: от 1 до 3,2 мкм.	Вид: низкочастотная пульсация света с частотой 6-12Гц; Длина волны: от 1 до 3,2 мкм.
Выходные сигналы:	см. таблицу исполнений выше по тексту	Количество -2; Вид - изменение состояния контактов реле (при отсутствии пламени - контакт разомкнут, при наличии - контакт замкнут); Коммутирующая способность - 24В, не более 0,6А постоянного или переменного тока.
Чувствительность:	Не более 2лк (при освещенности светом с длиной волны в диапазоне от 1 до 3,2 мкм и частотой пульсации 9+/-1 Гц	
Быстродействие:	При включении пульсирующего света - 0,3 до 1с; При выключении пульсирующего света - от 1 до 2с.	

## 5.2 Выбор контроллерного оборудования



Рис.8 Функциональная схема прибора ОВЕН ТРМ251



с.9 Схема ТРМ251

Измерительный канал с функцией резервирования датчика

ТРМ251 в обычном режиме осуществляет одноканальное регулирование по показаниям основного датчика, подключенного ко входу 1. В случае отказа основного датчика (обрыв, короткое замыкание и т.п.) прибор автоматически переключается на регулирование по показаниям резервного датчика, подключенного ко входу 2.

### *Универсальные входы*

Входы ТРМ251 – универсальные, к ним подключаются все наиболее распространенные типы датчиков:

- термопреобразователи сопротивления типа ТСМ/ТСП/ТСН;
- термопары ТХК(L), ТХА(K), ТЖК(J), ТНН(N), ТПП(R), ТПП(S), ТПР(V), ТВР(A\_1,2,3), ТМК(T);
- датчики с унифицированным выходным сигналом тока 0(4)...20 мА, 0...5 мА или напряжения 0...1 В, –50...+50 мВ.

### *ПИД-регулирование с автонастройкой*

ТРМ251 позволяет управлять объектом с высокой точностью благодаря ПИД-регулированию. В приборе реализована функция автонастройки ПИД-регуляторов, избавляющая пользователя от трудоемкой операции ручной настройки.

Если в особой точности нет необходимости, прибор может работать в режиме двухпозиционного регулирования.

Современный эффективный алгоритм АВТОНАСТРОЙКИ ПИД-регулятора разработан компанией ОВЕН совместно с ведущими российскими учеными.



Рис.10 Эффективность автонастройки ПИД-регулирования

При автонастройке прибор вычисляет оптимальные для данного объекта значения коэффициентов ПИД-регулирования. Последующая несложная ручная подстройка позволяет свести к минимуму перерегулирование.

#### *Регулирование по программе, заданной технологом*

ТРМ251 управляет технологическим процессом по программе, которая представляет собой последовательность шагов. Шаг включает в себя 2 стадии:

- нагрев (или охлаждение) до заданной температуры в течение заданного времени роста;
- поддержание температуры на уровне уставки в течение заданного времени выдержки.

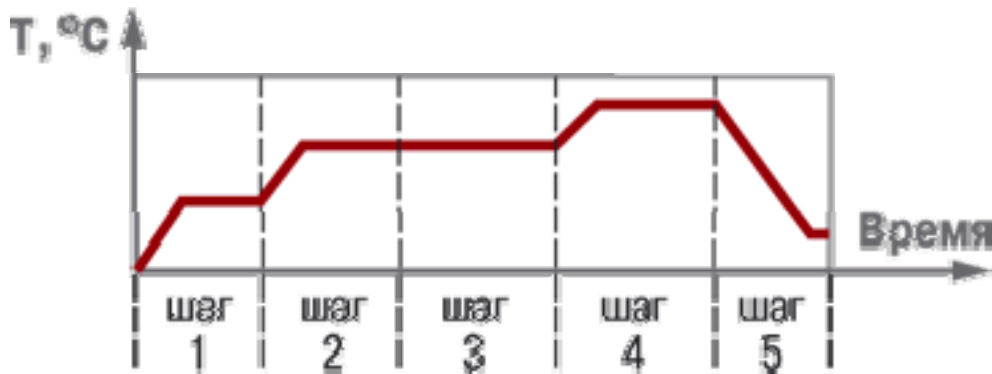


Рис.11 Пример программы для ТРМ251

ТРМ251 может хранить в памяти 3 программы по 5 шагов в каждой.

### *Управление исполнительными механизмами*

Для регулирования температуры или другой физической величины прибор управляет исполнительным механизмом, подключенным к выходному элементу 1 (ВЭ1). Тип ВЭ1 в зависимости от подключаемой нагрузки пользователь выбирает при заказе:

- реле 4 А 220 В;
- транзисторная оптопара n–р–n\_ типа 400 мА 60 В;
- симисторная оптопара 50 мА 250 В;
- ЦАП «параметр–ток 4...20 мА»;
- выход 4...6 В 70 мА для управления твердотельным реле.

### *Сигнализация о выходе регулируемой величины за заданные пределы*

ТРМ251 контролирует нахождение регулируемой величины в установленных границах. При выходе за границы технологический процесс не прерывается, но выдается предупреждение и срабатывает выходной элемент 2 (э/м реле 2 А 220 В), к которому можно подключить различные сигнальные устройства (лампу, звонок и т.п.).

### *Контроль исправности датчиков и контура регулирования*

ТРМ251 контролирует работоспособность:

- основного и резервного датчиков (проверка на обрыв, замыкание, выход за допустимый диапазон и т. д.)
- контура регулирования (ЛВА-авария).

В случае отказа одного из датчиков включается функция резервирования, при этом выдается предупреждающее сообщение.

В случае неисправности обоих датчиков или контура регулирования прибор останавливает технологический процесс и сигнализирует об аварии с



индикацией ее причины. Возможно подключение внешней сигнализации о неисправности системы, если при заказе в качестве ВЭЗ установлено э/м реле 2 А 220 В (модификация ТРМ251-Х.ХРР).

### *Регистрация измеряемой величины*

ТРМ251 может осуществлять преобразование измеряемой величины в сигнал тока 4...20 мА для регистрации на внешнем носителе. Для этого при заказе в качестве ВЭЗ должен быть установлен ЦАП 4...20 мА (модификация ТРМ251-Х.ХРИ).

### *Интерфейс RS-485*

В ТРМ251 установлен модуль интерфейса RS-485, позволяющий:

- дистанционно запускать и останавливать программу технолога;
- конфигурировать прибор на ПК (программа-конфигуратор предоставляется бесплатно);
- регистрировать на ПК параметры текущего состояния.

ТРМ251 может работать в сети только при наличии в ней мастера. Мастером сети RS-485 может быть персональный компьютер, программируемый контроллер, например ОВЕН ПЛК, панель оператора ОВЕН ИП320 и др.

Подключение ТРМ251 к ПК производится через адаптер ОВЕН АС3-М или АС4.

### *Поддержка протоколов ОВЕН и Modbus*

Для сетевого обмена с ТРМ251 пользователь может выбрать один из трех протоколов: ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII. Конфигурирование ТРМ251 осуществляется по протоколу ОВЕН.

Поддержка универсального протокола Modbus позволяет ТРМ251 работать в одной сети с контроллерами и модулями как фирмы ОВЕН, так и других производителей.

## **СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**